



DEUTSCHES
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 43 13 455.6
22 Anmeldetag: 24. 4. 93
43 Offenlegungstag: 27. 10. 94

DE 43 13 455 A 1

71 Anmelder:
KSB Aktiengesellschaft, 67227 Frankenthal, DE

72 Erfinder:
Bouricet, Jean Claude, Annecy-le-Vieux, FR

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 25 20 653 B2
DE 30 11 380 A1
DE 30 10 406 A1
US 51 61 943
US 46 84 318
US 45 41 773
US 11 46 079
EP 0 42 345 B1
EP 2 24 764 A1
WO 86 04 970

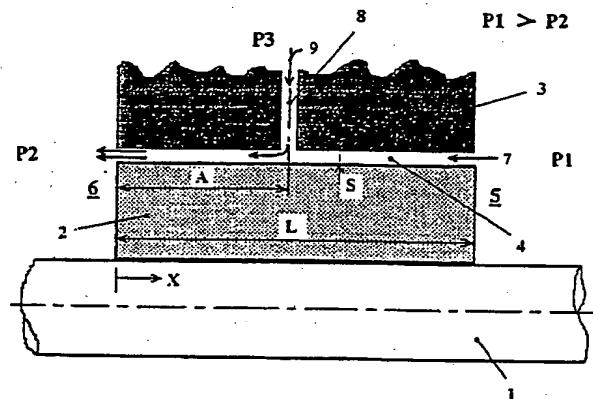
Fachwörterbuch: Europump: Teil 2.1, Einzelteile von
Kreispumpen, Herausgeber: Europump Secretariat
General, Bruxelles;
VDI Berichte 706: Thermische Strömungsmaschinen:
Turbokompressoren im industriellen Einsatz, Tagung
Essen, 8. u. 9. Nov. 1988, S. 494-499;

54 Radialer Spalt, beispielsweise einer Strömungsmaschine

57 Ein derartiger Spalt (4) ist zwischen einem sich drehenden ersten Bauteil in der Art einer Welle (1) und einem zweiten Bauteil in der Art einer Buchse (3) angeordnet und an seinen Enden einem Druckgefälle in einem umgebenden Fluid ausgesetzt. Der Spalt (4) weist folglich eine Hochdruckseite (5) und eine Niederdruckseite (6) auf. Das zweite Bauteil ist mit über dem Umfang verteilt angeordneten, voneinander unabhängigen Öffnungen (8) versehen, über welche zwecks Verbesserung der Laufruhe des sich drehenden Bauteils ein Strom unter hohem Druck stehenden Fluids in den Spalt (4) mündet.

Zur Verringerung der Schwingungen und Stabilisierung der Welle (1) sind die Öffnungen (8) so angeordnet, daß der über die Öffnungen (8) zugeführte Strom als Stabilisierungsstrom (9) sich zu einem von der Hochdruckseite (5) zu der Niederdruckseite (6) strömenden Spaltstrom (7) addiert und der Druck im Stabilisierungsstrom (9) ist so gewählt, daß beide Ströme ausschließlich auf der Niederdruckseite (6) aus dem Spalt (4) austreten.

Ein so ausgestalteter Spalt (4) erhöht wegen der Abstützungswirkung die Laufruhe des sich drehenden Bauteils und ist für den Einsatz bei erhöhter Beanspruchung geeignet. Die Erfindung kann insbesondere bei Axialschub-Entlastungsvorrichtungen zur Anwendung kommen (Fig. 1).



DE 43 13 455 A 1

Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft einen radialen Spalt, beispielsweise einer Strömungsmaschine, angeordnet zwischen einem sich drehenden ersten Bauteil in der Art einer Welle und einem zweiten Bauteil in der Art einer Buchse, welcher an seinen Enden einem Druckgefälle in einem umgebenden Fluid ausgesetzt ist und folglich eine Hochdruckseite und eine Niederdruckseite aufweist, wobei das zweite Bauteil über dem Umfang verteilt angeordnete, voneinander unabhängige Öffnungen aufweist, über welche zwecks Verbesserung der Laufruhe des sich drehenden Bauteils ein Strom unter hohem Druck stehenden Fluids in den Spalt mündet.

Stand der Technik

Es ist bekannt, in einer Richtung durchströmte radiale Spalte für Spaltdichtungen mit glatten Spalten, Stufenpalten oder Labyrinthspalten zu verwenden.

Derartige Spalte unterliegen alle denselben Gegebenheiten. Eine Druckdifferenz im Fluid an den Enden des Spaltes bewirkt einen von der Spaltweite abhängigen Spaltstrom in axialer Richtung. Der axialen Durchströmung des Spaltes überlagert sich wegen des sich drehenden ersten Bauteils eine Rotationsströmung. Da der durchströmte Spalt als Drosselspalt wirkt, in welchem sich der Druck des Fluids verringert, ist der Spalt heftigen hydraulischen Einflüssen unterworfen.

Diese Einflüsse machen den Spalt zum Verursacher von Instabilitäten an der Welle, insbesondere von Schwingungen in radialer Richtung, welche die Laufruhe der Welle beeinträchtigen. Man ist daher gezwungen, in größtmöglicher Nähe des Spalts Lager vorzusehen, die die störenden Instabilitäten, insbesondere Schwingungen, aufnehmen.

Weiterhin wird ein in axialer Richtung durchströmter radialer Spalt bei Axialschub-Entlastungseinrichtungen von Strömungsmaschinen zur Beherrschung des Axialschubes verwendet. Diese Entlastungseinrichtungen können aus einem in einer Buchse geführten Entlastungskolben (Europump, Teil 2.1, Fig. 11c, 12) bestehen. Daneben sind aus einer Kombination von Entlastungskolben und Entlastungsscheibe bestehende Entlastungseinrichtungen bekannt (Europump, Teil 2.1, Fig. 29b).

Nachteilig ist hierbei, daß der mit der Welle verbundene Teil der Entlastungseinrichtung die Masse der Welle erhöht, wodurch die Laufruhe weiter verschlechtert wird.

Zur Behebung dieses Nachteils ist aus der EP-B 0 224 764 bekannt, die Buchse einer Entlastungseinrichtung mit Kanälen zu versehen. Der dem Spalt über die Kanäle zugeführte Strom teilt sich in zwei Strömungsrichtungen auf: in eine Rückströmung in den Radseitenraum als Sperrstrom und in den eigentlichen Entlastungsstrom von den Kanälen zur Niederdruckseite. Durch den Sperrstrom soll eine vorrotationsfreie Entlastungsströmung erzielt werden, welche allein durch die Verminderung der Rotation im Spalt die Neigung des Pumpenrotors zu Eigenschwingungen im Grenzlastbereich verringert.

Durch diese Konstruktion wird aber die Entlastungseinrichtung noch länger und ihre Masse gegenüber den bekannten Entlastungseinrichtungen weiter vergrößert.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die von einem durchströmten Spalt hervorgerufenen Instabilitäten zu verringern und die Laufruhe eines sich drehenden Bauteils zu erhöhen.

Nach der Erfindung sind die Öffnungen so angeordnet, daß der über die Öffnungen zugeführte Strom als Stabilisierungsstrom sich zu einem von der Hochdruckseite zu der Niederdruckseite strömenden Spaltstrom addiert und der Druck im Stabilisierungsstrom so gewählt ist, daß beide Ströme ausschließlich auf der Niederdruckseite aus dem Spalt austreten.

Die durch die Erfindung hervorgerufene lokale Druckerhöhung im Spalt an der Stelle der Einmündung bewirkt eine Stabilisierung der Welle und verringert die Schwingungen. Die Welle wird mit einfachen Mitteln in einer zentralen Lage gehalten.

Eine erfindungsgemäß weitergebildete Axialschub-Entlastungseinrichtung hat den Vorteil, daß die Einrichtung selbst ein Element zur Verbesserung der Laufruhe und zur Stabilisierung der weiteren Einflüssen ausgesetzten Welle ist. Die Verbesserung der Laufruhe ermöglicht es, die Leistung der Strömungsmaschine trotz erhöhter Masse der sich drehenden Bauteile zu erhöhen.

Der Stabilisierungsstrom besteht aus außerhalb des Radseitenraums in einem Bereich erhöhten Druckes gegenüber dem Druck im Spalt an der Stelle der Einmündung der Kanäle abgezweigtem Fluid, um eine Vorrotation im Stabilisierungsstrom zu vermeiden.

Gute Ergebnisse werden mit im mittleren Bereich des Spaltes einmündenden Öffnungen erzielt. Zweckmäßigerweise sind die Öffnungen als Radialbohrungen ausgeführt. Der Herstellungsaufwand ist gering.

Die Abzweigung des Stabilisierungsstroms kann in einfacher Weise aus dem Druckgehäuse oder dem Druckstutzen vorgenommen werden.

Weitere Ausgestaltungen sehen die Anordnung der Öffnung in einer oder mehrerer Ebenen vor. Je nach Länge des Spaltes kann die Stabilisierungswirkung durch mehrere Öffnungsebenen verstärkt werden.

Eine erfindungsgemäße Axialschub-Entlastungseinrichtung läßt sich in Hochdruckkreisläufen vorteilhaft einsetzen.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird im folgenden näher beschrieben. Es zeigen die

Fig. 1 den Spalt einer Axialschub-Entlastungseinrichtung im Längsschnitt, die

Fig. 2 eine mehrstufige Kreiselpumpe mit einer erfindungsgemäßen Stabilisierungseinrichtung, die

Fig. 3 den stark vereinfachten qualitativ angenäherten Druckverlauf im Spalt, die

Fig. 4 einen Querschnitt durch eine erfindungsgemäße Einrichtung im Bereich der Öffnungen, die

Fig. 5 die Druckverteilung über den Umfang des Spaltes.

Weg zur Ausführung der Erfindung

Die Erfindung wird anhand einer Axialschub-Entlastungseinrichtung einer Strömungsmaschine erläutert. Grundsätzlich treten die hier beschriebenen Verhältnisse aber in jedem Drosselspalt auf, bei dem sich ein Bauteil in einen anderen dreht.

Auf einer Welle 1 eines Läufers befindet sich ein mit dieser drehfest verbundener und axial fixierter Entlastungskolben 2. Der Entlastungskolben 2 dreht sich in einer Buchse 3. Zwischen diesen befindet sich ein Spalt 4 der Länge L mit einer Spaltweite S. Der Spalt 4 wird von einem Ende hohen Druckes P_1 , Hochdruckseite 5 genannt, zu einem Ende niedrigen Druckes P_2 , Niederdruckseite 6 genannt, hin von Fluid durchströmt. Durch den Pfeil auf der Hochdruckseite 5 ist ein rotationsfreier, rein axialer Spaltstrom 7 dargestellt, der tatsächlich aber wegen der Rotation der Welle 1 eine Komponente in Umfangsrichtung aufweist. Bei Kreiselpumpen wird der Spaltstrom 7 im allgemeinen aus dem Radseitenraum als Hochdruckseite 5 entnommen und bis auf den Druck am Pumpeneintritt als Niederdruckseite 6 entspannt.

Die Buchse 3 ist mit mehreren, über den Umfang verteilt angeordneten Öffnungen versehen, von denen eine Öffnung 8 dargestellt ist. Die Öffnungen liegen in einer Ebene senkrecht zur Mittelachse der Welle und sind voneinander unabhängig. Die Öffnung 8 mündet in axialem Abstand A zur Niederdruckseite 6 in den Spalt 4. Durch die Öffnung 8 fließt ein unter dem Druck P_3 stehender Stabilisierungsstrom 9 in den Spalt 4. Der Stabilisierungsstrom 9 teilt sich zwar im Spalt 4 in verschiedene Richtungen auf, er ist aber so gehalten, daß er nicht in der Lage ist, auf der Hochdruckseite 5 auszutreten. Eine Rückströmung auf die Hochdruckseite 5 findet nicht statt. Vielmehr addiert sich der Stabilisierungsstrom 9 zu dem Spaltstrom 7, so daß das Fluid ausschließlich auf der Niederdruckseite 6 austritt.

In Fig. 2 ist die Anordnung der Entlastungseinrichtung in einer mehrstufigen Kreiselpumpe dargestellt. Der Entlastungskolben 2 ist seitlich vom Laufrad 13 und der Leiteinrichtung 14 angeordnet. Die Kreiselpumpe weist mehrere Stufengehäuse 15 auf. Der Stabilisierungsstrom 9 wird außerhalb des Radseitenraumes im Druckbereich entnommen, z. B. direkt aus einem Druckstutzen 11 oder einem vorgeschalteten Druckgehäuse 12.

In Fig. 3 ist ein stark vereinfachter, qualitativ angenäherter Verlauf des Druckes im Spalt 4 entlang einer Achse x dargestellt. Für $x = 0$ liegt im Spalt 4 eine Druck P_2 , also der Druck der Niederdruckseite 6, an. Für $x = L$ liegt im Spalt ein Druck P_1 , also der Druck der Hochdruckseite 5, an. Die Annahme einer linearen Drosselung im Spalt 4 ergibt die Druckgerade 10 durch die Punkte (L/P_1) und $(0/P_2)$. An der Stelle $x = A$ ist ohne die erfindungsgemäße Lehre ein Druck P_A zu erwarten. Der durch die Öffnung 8 mit dem Druck P_3 einströmende Stabilisierungsstrom 9 bewirkt jedoch eine Druckerhöhung auf den Druck $P_A' > P_A$ an der Stelle $x = A$. Der Druck P_3 wird in alle Richtungen abgebaut und fällt auf die Druckgerade 10 ab.

Verläßt die Welle 1 ihre Mittellage und verringert sich dadurch auf einer Seite die Spaltweite S auf S' , so steigt auf dieser Seite der Druck P_A' auf P_A'' an. Auch die Druckgerade 10 ändert sich mit veränderter Spaltweite so, daß der Druck bei sich verengendem Spalt ansteigt und eine Druckgerade 10' entsteht. Da sich auf der gegenüberliegenden Seite die Spaltweite vergrößert, fällt dort der Druck unter P_A' ab und es entsteht eine aus der schraffierten Fläche ableitbare Rückstellkraft, welche die Welle 1 wieder in ihre Mittellage bringt.

Wie in Fig. 4 dargestellt, liegen die Öffnungen 8 der Buchse 3 in einer Ebene und münden voneinander unabhängig in den Spalt 4.

In der Fig. 5 ist die Druckverteilung einer sich in einer Mittellage befindlichen Welle 1 dargestellt. Über den Umfang des Spaltes 4 liegt außer im Bereich der Öffnungen 8 der Druck P_A an. Im Bereich der Öffnungen erhöht sich der Druck P_A auf den Druck P_A' , der jedoch kleiner als der Druck P_3 in dem Stabilisierungsstrom 7 bleibt. Es läßt sich erkennen, daß zwischen den lokalen Druckerhöhungen Bereiche mit einem dem normalen Drosselspalt entsprechenden Druck P_A liegen, so daß durch den Stabilisierungsstrom 9 keine Sperrwirkung für den Spaltstrom 4 erzielt wird.

Grundsätzlich ist es auch möglich, den Spalt mit mehreren über die axiale Länge verteilt angeordneten Öffnungsebenen zu versehen. Bei dieser Ausführung sind dann für die verschiedenen Öffnungsebenen Stabilisierungsströme unterschiedlichen Drucks vorteilhaft.

Gewerbliche Anwendbarkeit

Die Erfindung läßt sich bei Strömungsmaschinen im allgemeinen und Pumpen im besonderen anwenden.

Patentansprüche

1. Radialer Spalt (4), beispielsweise einer Strömungsmaschine, angeordnet zwischen einem sich drehenden ersten Bauteil in der Art einer Welle (1) und einem zweiten Bauteil in der Art einer Buchse (3), welcher an seinen Enden einem Druckgefälle in einem umgebenden Fluid ausgesetzt ist und folglich eine Hochdruckseite (5) und eine Niederdruckseite (6) aufweist, wobei das zweite Bauteil über dem Umfang verteilt angeordnete, voneinander unabhängige Öffnungen (8) aufweist, über welche zwecks Verbesserung der Laufruhe des sich drehenden Bauteils ein Strom unter hohem Druck stehenden Fluids in den Spalt (4) mündet, dadurch gekennzeichnet, daß die Öffnungen (8) so angeordnet sind, daß der über die Öffnungen (8) zugeführte Strom als Stabilisierungsstrom (9) sich zu einem von der Hochdruckseite (5) zu der Niederdruckseite (6) strömenden Spaltstrom (7) addiert und der Druck im Stabilisierungsstrom (9) so gewählt ist, daß beide Ströme ausschließlich auf der Niederdruckseite (6) aus dem Spalt (4) austreten.
2. Spalt nach Anspruch 1 einer Axialschub-Entlastungseinrichtung einer Strömungsmaschine, bei welcher das erste Bauteil aus einem sich mit einer Welle (1) drehenden Entlastungselement mit zumindest einem Abschnitt in Form eines Kolbens (2) und das zweite Bauteil aus einer feststehenden Buchse (3) besteht, dadurch gekennzeichnet, daß durch den Spalt (4) ein Entlastungsstrom (7) vom Radseitenraum eines Laufrades als Hochdruckbereich (5) in einen Niederdruckbereich als Niederdruckseite (6) fließt.
3. Spalt nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Stabilisierungsstrom (9) außerhalb des Radseitenraumes aus einem Bereich mit gegenüber dem unbeeinflussten Druck im Spalt (4) an der Stelle (A) der Einmündung der Öffnungen (8) erhöhtem Druck abgezweigt ist.
4. Spalt nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Öffnungen (8) in der Buchse (3) so angeordnet sind, daß sie in einen mittleren Bereich des Spaltes (4) einmünden.
5. Spalt nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Öffnungen (8) in der Buch-

se (3) gleichmäßig über den Umfang verteilte Radialbohrungen sind.

6. Spalt nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Strom (9) aus einem Druckgehäuse (12) oder einem Druckstutzen (11) 5 der Strömungsmaschine abgezweigt wird.

7. Spalt nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Öffnungen (8) in einer Ebene senkrecht zur Mittelachse der Welle (1) liegen. 10

8. Spalt nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Öffnungen (8) in mehreren Ebenen senkrecht zur Mittelachse der Welle (1) mit axialem Abstand zueinander liegen.

9. Spalt einer Axialschub-Entlastungseinrichtung 15 nach einem der Ansprüche 2 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß eine Kreiselpumpe ab 200 m Förderhöhe damit versehen ist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

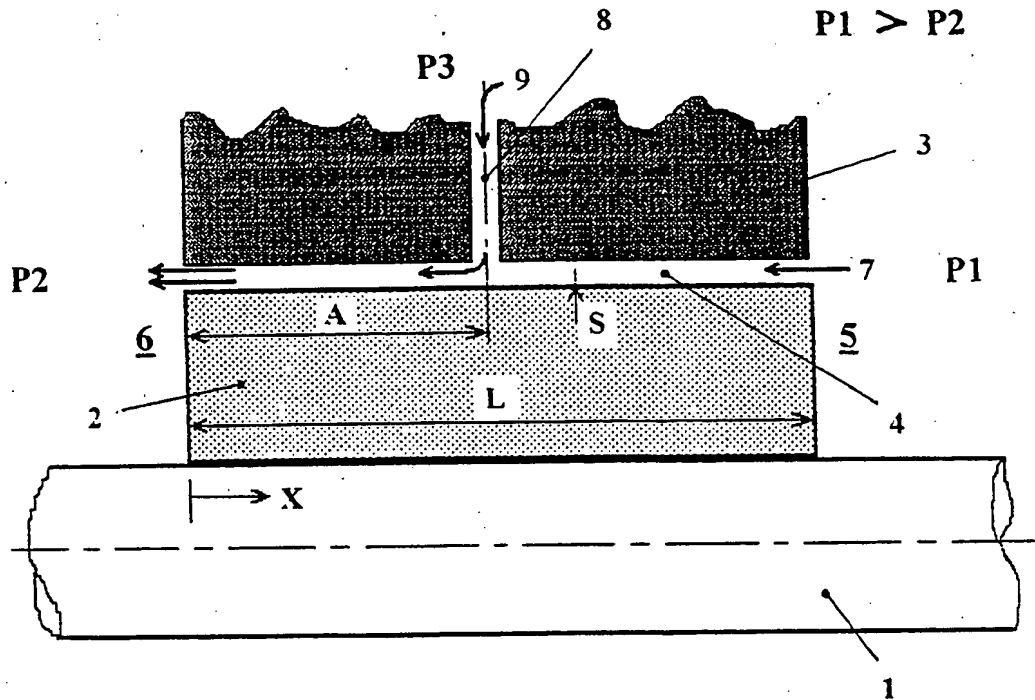


Fig.1

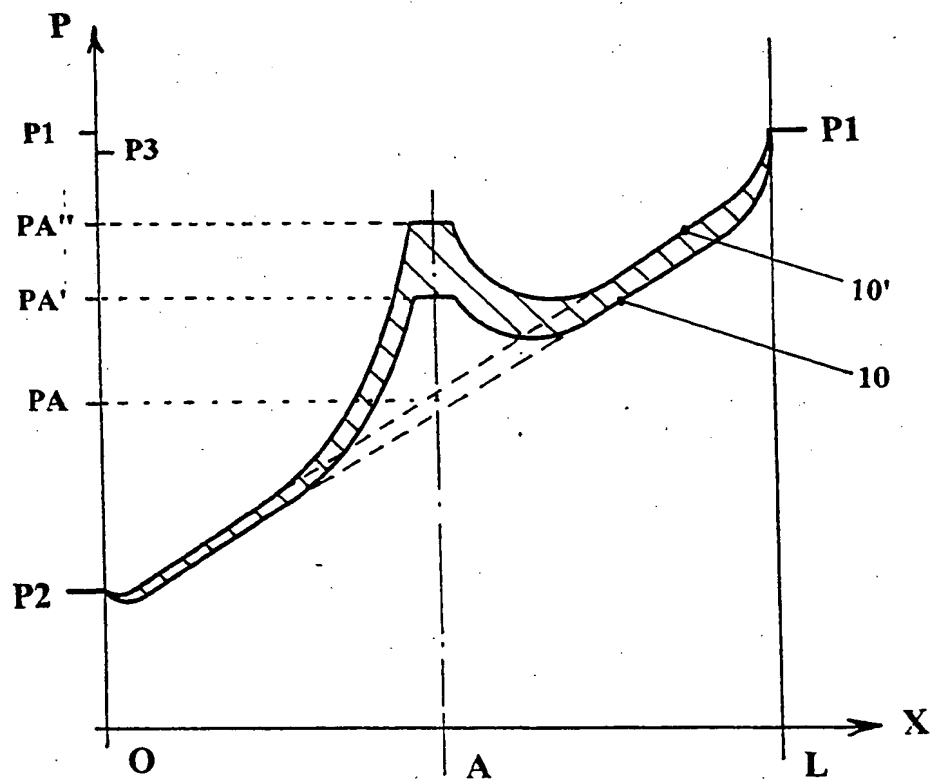


Fig.3

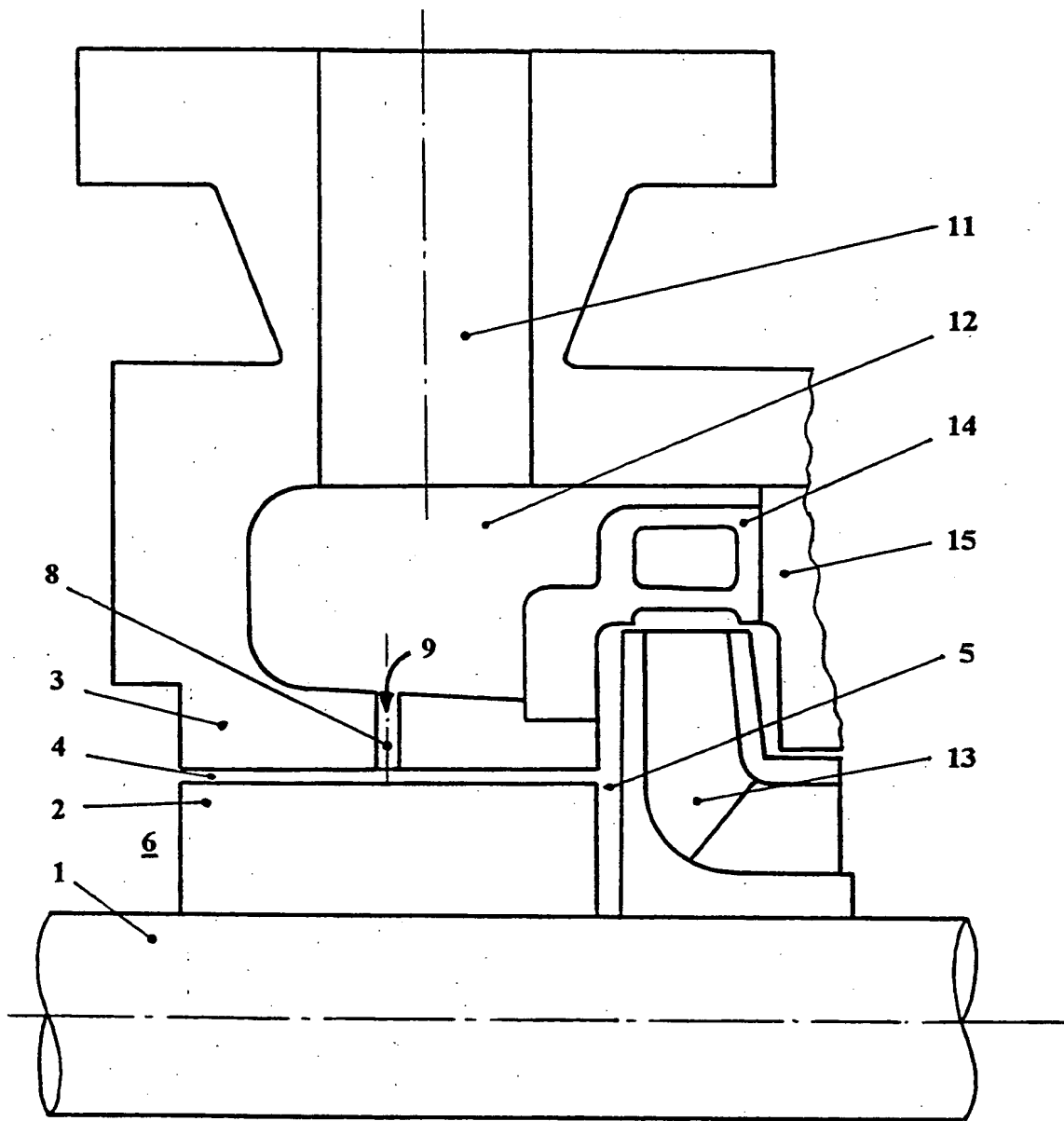


Fig.2

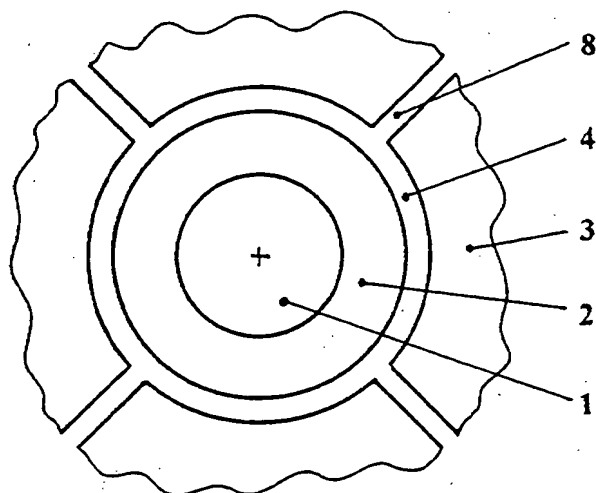


Fig. 4

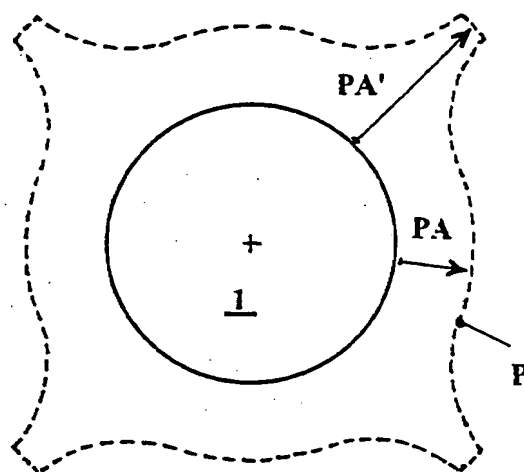


Fig. 5